

PAT-NO: JP407055689A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07055689 A

TITLE: AEROSOL PARTICLE MASS
SPECTROGRAPH

PUBN-DATE: March 3, 1995

INVENTOR-INFORMATION:
NAME

ENOHARA, KENSEI

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME
COUNTRY
AGENCY OF IND SCIENCE & TECHNOL
N/A

APPL-NO: JP05222789

APPL-DATE: August 16, 1993

INT-CL (IPC): G01N015/02

ABSTRACT:

PURPOSE: To classify a gas in which only those particles whose specific mass is in a specified range float up by continuously sucking gas between cylindrical outside and inside electrodes that rotate about a common axis of symmetry, and utilizing the balance between an electrostatic force and a centrifugal force that work on the particles in the gas.

CONSTITUTION: An outside frame 1 is secured to a rotor 2 and rotated by a motor. A cylindrical outside electrode 3 is provided on the frame 1 and an inside frame 8 is incorporated into the frame 1, and an inside electrode 9 is provided on the side of the frame 8. Voltages V from a DC power source 17 are applied to the electrodes 3, 9 via brushes 18, 19 to create an electrostatic field within an operating space 15. An insulator 16 is held in place inside the operating space 15, and an aerosol to be introduced is rotated at the same speed as the frames 1, 8. The aerosol is continuously introduced into the space 15 from an inlet pipe 7, and then discharged through an exhaust pipe 14, so that a gas, in which only those particles whose specific mass m/q (mass/charge) is in a specified range float up, can be continuously classified by virtue of the balance between an electrostatic force and a centrifugal force that work on the particles in the aerosol.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-55689

(43)公開日 平成7年(1995)3月3日

(51)IntCl.[°]

G 0 1 N 15/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F

D

審査請求 有 請求項の数 4 F D (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平5-222789

(22)出願日 平成5年(1993)8月16日

(71)出願人 000001144

工業技術院長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(72)発明者 榎原 研正

茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技

術院計量研究所内

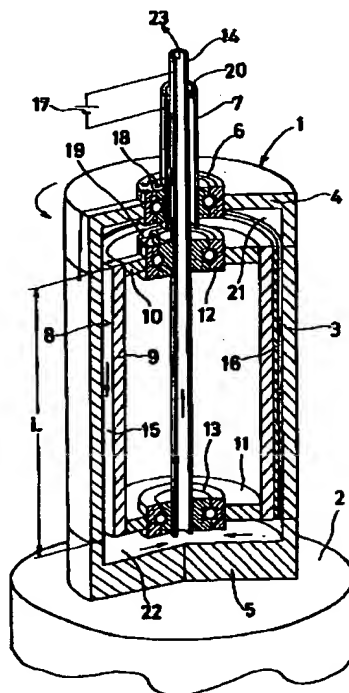
(74)指定代理人 工業技術院計量研究所長

(54)【発明の名称】 エアロゾル粒子質量分析器

(57)【要約】

【目的】 複数種類のエアロゾル粒子が浮遊する気体より、特定の比質量（粒子の質量／電荷）を有する粒子のみを連続的に分級することができるエアロゾル粒子質量分析器を提案する。

【構成】 共通の対称軸まわりに回転する略円筒状の外側電極3と内側電極8との間に気体を連続的に吸引し、気体中に含まれる粒子に働く静電気力と遠心力とのつりあいを利用して、特定の範囲の比質量をもつ粒子のみが浮遊する気体を連続的に外部に取り出すことができるようにした。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 共通の対称軸まわりに回転する略円筒状の外側電極と内側電極との間に気体を連続的に吸引し、気体中に含まれる粒子に働く静電気力と遠心力とのつりあいを利用して、特定の範囲の比質量をもつ粒子のみが浮遊する気体を連続的に外部に取り出すことができるようにしたことを特徴とするエアロゾル粒子質量分析器。

【請求項2】 対称軸と平行に1本以上の棒状絶縁体を電極間へ挿入したことを特徴とする請求項1のエアロゾル粒子質量分析器。

【請求項3】 電極間電圧を変化させる機構を備えたことを特徴とする請求項1乃至2に記載のエアロゾル粒子質量分析器。

【請求項4】 回転速度を変化させる機構を備えたことを特徴とする請求項1乃至3に記載のエアロゾル粒子質量分析器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば複数種類のエアロゾル粒子が浮遊する気体より、特定の比質量（粒子の質量／電荷）を有する粒子のみを連続的に分級することができるエアロゾル粒子質量分析器に関する。

【0002】

【従来の技術】エアロゾル粒子を分級する装置として、微分型電気移動度分級器が実用化されている。この装置は、粒子を含む気体を吸引し、粒子に働く静電気力と粘性抵抗力との働きを利用して、特定の狭い範囲の電気移動度をもった粒子のみを含む気体を得ることができる。そして、電気移動度と粒径との間に一定の関係があることを利用して、微分型電気移動度分級器を粒径の分級器として利用されることが多い。

【0003】これと比較的似た機能をもつエアロゾル粒子の分級装置としては、拡散バッテリーとインパクタとがある。拡散バッテリーは、エアロゾルを平行平板の対向間隔や細いチューブの内部空間などの狭い空間を通過させ、拡散係数の大きな粒子ほどブラウン運動が激しいために器壁に吸着され易いことを利用してより小さな拡散係数をもつ粒子ほどより高濃度に濃縮することができるものである。

【0004】一方、インパクタは、装置内に気体の流れが急速にその方向を変える部分を設けてあり、気体中に含まれる粒子のうち、ストークス数が大きい粒子は流れ方向の変化に追従できないため気体から分離されることを利用して、よりストークス数の小さい粒子を濃縮することができるものである。

【0005】また、その他のエアロゾル粒子の分級装置として、エアロゾル遠心分離器がある。これにはいくつかの型があるが、何れも回転する気体流路の外周壁に粒子捕集用の紙などを貼っておき、遠心力沈降速度が大きい粒子ほど気体流路の入口近くで捕捉されるという作用

2

を利用して、粒子を分級するものである。そして、遠心沈降速度はやはり粒径と一定の関係をもつので、粒径別に粒子を捕集紙上に捕集し、これを回収して粒径別の粒子計数、化学成分分析、秤量など行うことによりエアロゾル粒子についての詳しい情報を得るために利用されることが多い。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前記した従来から知られているエアロゾル粒子の分級装置では、それぞれ電気移動度、拡散係数、ストークス数、遠心沈降速度等、いずれも粒径と関係する物理量について分級する装置である。ところが、通常のエアロゾル粒子は球形ではないため、粒径という量は幾何学的に一意的に定義し得る量ではなく、その定義にあいまいさが残る。そのため、同一の粒子であっても、分級原理が異なると、異なる粒径をもつかのように分級されたり、粒子が装置内を運動するときの空間的姿勢に応じて異なる粒径をもつかのように分級されたりする。しかし、もし粒子の比質量について分級することができれば、比質量は粒子の形状に関わらない一意的な物理量であるので、このような不都合は生じない。

【0007】また、特に拡散バッテリーやインパクタは、これらの装置単体では拡散係数やストークス数を大小二段階に分級することしかできないので、応用範囲が極めて狭いものであった。さらに、特にエアロゾル遠心分離器では連続的に分級することができないという問題があった。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記に鑑み提案されたもので、共通の対称軸まわりに回転する略円筒状の外側電極と内側電極との間に気体を連続的に吸引し、気体中に含まれる粒子に働く静電気力と遠心力とのつりあいを利用して、特定の範囲の比質量をもつ粒子のみが浮遊する気体を連続的に外部に取り出すことができるようにしたことを特徴とするエアロゾル粒子質量分析器に関するものである。即ち、内側電極の外径、外側電極の内径、印加電圧の大きさ、および電極回転数に応じて決まるある値よりも大きな比質量を有する粒子には外向きの遠心力が大きく働くために外側電極壁に付着し、小さな比質量を有する粒子には内向きの静電気力が大きく働くために内側電極壁に付着するために、特定の比質量を有する粒子のみが電極間を通り抜けられることを利用して、この特定の比質量をもつ粒子のみが浮遊する気体を連続的に得ることが可能である。

【0009】

【実施例】以下、本発明を図示実施例により詳細に説明する。

【0010】図1に示すように、外側棒体1は回転子2に固定されており、回転子2は図示しないモータにより外側棒体1の対称軸を回転軸とする回転運動が与えられ

る。この外側棒体1は、側面を構成する略円筒状の外側電極3と、その開放上部および開放下部に接着或いはねじ止めなどで固定された上蓋部4及び下蓋部5よりなる。そして、上記上蓋部4の中心部には軸受6が固定される。この軸受6の内側部分は、試料エアロゾルを導入するためのチューブ状のエアロゾル取り入れ管7の外側に固定され、回転する外側部分とベアリング機構を介して気密に接続している。

【0011】上記外側棒体1の内部にはこれと対称軸を共有する位置に内側棒体8が組み込まれている。この内側棒体8も外側棒体1と同様に、側面を構成する略円筒状の内側電極9と、その開放上部および開放下部に接着或いはねじ止めなどで固定された上蓋部10および下蓋部11よりなる。そして、上蓋部10と下蓋部11にはそれぞれ軸受12、13が固定される。これら軸受12、13の内側部分は、エアロゾルを外部に取り出すためのエアロゾル排出管14の外側に固定され、それぞれ回転する外側部分とベアリング機構を介して気密に接続している。また、軸受13の外側部分を外側棒体1の下蓋部5に固定して外側棒体1と内側棒体8とを一体状としたので、エアロゾル取り入れ管7とエアロゾル排出管14とは回転せず、外側棒体1と内側棒体8とは、共通の対称軸のまわりに同一速度で回転する。

【0012】前記外側棒体1と内側棒体8の間には円環状の作動空間15が形成されるが、この作動空間15の内部には少なくとも1本の棒状絶縁体16が回転軸と平行に固定される。この棒状絶縁体16はテフロン、プラスチック、ゴム、ガラスなどの電気的絶縁性を有する材質より作製される。これは外側棒体1の内面、もしくは内側棒体8の外面、もしくはその双方に接着、ねじ止めなどで固定するものでも良いし、材質がゴムのように弾力性をもつ材料であるときは、それ自体の弾力を利用して挟圧状に固定するものでもよい。上記棒状絶縁体16の役割は、作動空間15に導入された試料エアロゾルを内側棒体8および外側棒体1と同じ速度で回転させると同時に、軸方向に層流を形成することである。

【0013】また、前記外側電極3および内側電極9には、適当な直流電圧源17から供給される電圧Vが、軸受6、12のそれぞれの、回転しない内側部分と回転す*

$$r(m/q) = \sqrt{\frac{V}{\Omega^2 \ln(r_2/r_1)}} \cdot \frac{q}{m}$$

【0019】上記数1において、mは粒子の質量、qは電荷、 r_1 は内側電極9の外径の大きさ、 r_2 は外側電極3の内径の大きさ、 Ω は外側電極3および内側電極9の回転の角速度、Vは印加した電圧の大きさである。

【0020】図2は $r(m/q)$ の r_1 および r_2 に対する大きさと、粒子の作動空間15における動径方向への運動軌跡との関係を示す模式的相関図である。

※50

* 外側部分の間の電気的接触を実現するためのブラシ18および19を経由して、それぞれ印加され、この結果、作動空間15において静電場が形成される。

【0014】試料エアロゾルは、連続的かつ一定の流量で、矢印20で示すようにエアロゾル取り入れ管7から取り入れられ、外側棒体1の上蓋部4と内側棒体8の上蓋部10との間の空間21を経由して作動空間15に導入される。そして、作動空間15での処理を行った後、外側棒体1の下蓋部5と内側棒体8の下蓋部11との間の空間22を通過し、エアロゾル排出管14から矢印23で示すように外部に取り出される。尚、軸受6、12、13自体の内側部分と外側部分とは、それぞれ前記の通り気密に接続されているが、試料エアロゾルが上記以外の経路を通過することがないように、軸受6、12、13と他部材との接続も気密にシーリングされている。

【0015】以上の構成のエアロゾル粒子質量分析器の作動空間15における粒子の分級原理を以下に説明する。

【0016】エアロゾル粒子の緩和時間 τ は、周囲の気体が瞬間的に流速もしくは流れの方向を変えたとき、粒子と周囲気体との粘性抵抗の影響で、どの程度すばやく周囲気体の流れに追従できるようになるかを表わす量である。通常のエアロゾル粒子の粒径は $10\mu m$ 以下であり、このような粒子では τ は1ミリ秒(0.001秒)より短いことが知られている。したがって、粒子は作動空間15に入ってきたとき、ほぼ瞬間的に周囲の気体の運動に追従して運動するようになり、軸方向並びに円周方向には外力を受けないので、周囲の気体に従って螺旋運動をする。

【0017】動径方向においては、粒子には外向きの遠心力が作用すると共に、粒子がもつ電荷の符号によって内向きか外向きかが決まる静電気力が作用する。静電気が内向きの場合、粒子の回転軸からの距離が下記数1で示す $r(m/q)$ と大きさが同じであれば、外向きの遠心力と内向きの静電気力とがちょうど打ち消し合い(つり合い)、動径方向には運動しない。

【0018】

【数1】

※【0021】図2(a)は $r(m/q)$ が r_1 と r_2 との中間にある場合の粒子の軌跡を示すもので、作動空間15の入口部で $r(m/q)$ の位置もしくはその近傍にある粒子は直線的に運動し、作動空間15の出口に到達することができる。しかし、 $r(m/q)$ より外側の位置の粒子には外向きの遠心力が内向きの静電気力よりも強く作用するので総じて外向きに運動し、粒子の一部は

5

外側電極3の内壁に付着する。逆に r (m/q) より内側にいる粒子には内向きの静電気力が強くなるので、粒子の一部は内側電極9の外壁に付着する。

【0022】図2 (b) は r (m/q) が r_2 よりは大きい、下記数2で示す r_{MAX} より小さい場合の粒子の軌跡を示すものである。

【0023】

【数2】

$$r_{MAX} = r_2 + \frac{r_2 - r_1}{\exp(2\pi T \Omega^2) - 1} \quad 10$$

【0024】但し、ここでは簡単のため、外側電極3と内側電極9との間隔 ($r_2 - r_1$) が r_1 よりも十分小さく、また作動空間15におけるエアロゾルの軸方向流速がその動径方向での位置に関らず一定であるものとして計算してある。また、上記数2において、 T はエアロゾルが作動空間15に入ってから出るまでの滞留時間であり、図1に示した作動空間15の長さ l とエアロゾル流量 Q とを用いて下記数3のように計算される。

【0025】

【数3】

$$(m/q)_c = \frac{V}{r_1 r_2 \Omega^2 \ln(r_2/r_1)} \quad 20$$

【0030】このように、本発明のエアロゾル粒子質量分析器は、エアロゾル粒子の比質量の連続分級装置として利用することができるものである。

【0031】また、上記数4に示されるように、電圧 V 、もしくは電極回転数 Ω を変えることにより、分級される比質量を容易に変えることが可能であり、任意の比質量の粒子を連続的に分級することができる。即ち、本発明のエアロゾル粒子質量分析器に電圧を変化させる機構、回転速度を変化させる機構を設けることにより、任意の比質量の粒子を分級することができるものとなる。

【0032】以上本発明を実施例に基づいて説明したが、本発明は前記した実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した構成を変更しない限りどのようにでも実施することができる。例えば前記実施例では外側棒体1 (外側電極3) と内側棒体8 (内側電極9) とは同一速度で回転する構成であるが、この速度を

【0033】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、エアロゾル粒子の比質量についての分級を初めて可能とするものである。

【0034】そして、本発明のエアロゾル粒子質量分析器の後段に、例えば米国TSI社により製造されているモデル3025凝縮核式計数器、或いはリオン株式会社製モデルKC-18光散乱式粒子計数器などの適当な粒子計数器を接続することにより、容易に比質量分布の測

*

$$T = \frac{\pi (r_2^2 - r_1^2) L}{Q} \quad 6$$

【0026】上記図2 (b) の場合は、比質量 m/q をもつ全ての粒子に対して内向きの静電気力の方が強いので、全ての粒子は内向きに運動するが、粒子の一部はなお作動空間15の出口にたどり着くことができる。

【0027】しかし、 r (m/q) が r_{MAX} よりも大きくなると、図2 (c) に示すように比質量 m/q の粒子は全て内側電極9の外壁に沈着するので、作動空間15から抜け出せる粒子はなくなる。また、 r (m/q) が r_1 より小さい場合については図示していないが、同様の議論が可能である。

【0028】したがって、本発明のエアロゾル粒子質量分析器に吸引されたエアロゾル粒子は、下記数4に示す値 (m/q) c を中心とする狭い範囲にある比質量をもった粒子のみ作動空間15を通過し、残りは外側電極3もしくは内側電極9に捕捉されてしまう。

【0029】

【数4】

20

*

※定システムを構成することができる。

【0035】粒子の帯電量がわかる場合には、比質量より質量が算出できるので、本発明のエアロゾル粒子質量分析器は粒子質量の分級装置として利用することができる。例えば平衡荷電状態にある $0.1 \mu m$ 以下のエアロゾル粒子は、2価以上の電荷を帯びる確率が無視し得るほど小さいので、このような場合は、分級された粒子の帯電量は1価としてよいためにただちに質量分級装置として用いることができる。

【0036】また、対称軸と平行に棒状絶縁体を電極間へ挿入したエアロゾル粒子質量分析器は、作動空間に導入された試料エアロゾルを乱流を生ずることなく軸方向へ流通させるので、分析或いは分級の精度を向上する。

【0037】さらに、電極間電圧を変化させる機構若しくは回転速度を変化させる機構若しくはその両方の機構を備えたエアロゾル粒子質量分析器は、分級される比質量を容易に変えることができるので、任意の比質量の粒子を分級することができるものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す一部を欠截した斜視図である。

【図2】本発明のエアロゾル粒子質量分析器の作動空間における粒子の動径方向への運動軌跡を示す模式図である。

【符号の説明】

3 外側電極

【図2】

